

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-069452

(43)Date of publication of application : 04.03.2004

(51)Int.Cl.

G01N 21/21
G01J 4/04
G02F 1/13

(21)Application number : 2002-228202

(71)Applicant : CITIZEN WATCH CO LTD

(22)Date of filing : 06.08.2002

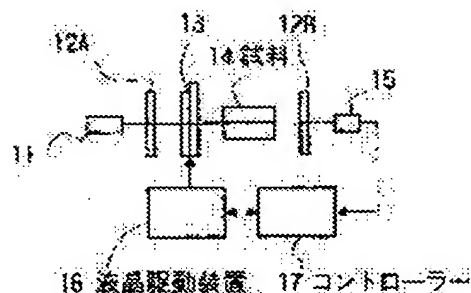
(72)Inventor : MATSUMOTO KENJI
YANO TAKAKAZU
FUKUDA MASAHIRO

(54) OPTICAL ROTATION MEASURING INSTRUMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve such a problem that an instrument gets complicated to bring high cost and size-up since a polarizer is required to be rotated mechanically or by a Faraday rotator as a method for rotating a plane of polarization.

SOLUTION: This optical rotation measuring instrument comprises a light source, a rotary polarization element consisting of a liquid crystal element, which rotates a plane of polarization of a light flux from the light source, and a photoelectric conversion element which converts into electric signals a polarizer arranged after sample transmission and a light flux having transmitted through the polarizer. In the rotary polarization element, the optical rotation is vibrated about a certain offset quantity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-69452

(P2004-69452A)

(43) 公開日 平成16年3月4日 (2004.3.4)

(51) Int. Cl.⁷

G01N 21/21

G01J 4/04

G02F 1/13

F 1

G01N 21/21

G01J 4/04

G02F 1/13 505

Z

D

テーマコード (参考)

2G059

2H088

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願2002-228202 (P2002-228202)

(22) 出願日

平成14年8月6日 (2002.8.6)

(71) 出願人

000001960

シチズン時計株式会社

東京都西東京市田無町六丁目1番12号

(72) 発明者

松本 健志

東京都西東京市田無町六丁目1番12号

シチズン時計株式会社内

(72) 発明者

矢野 敬和

東京都西東京市田無町六丁目1番12号

シチズン時計株式会社内

(72) 発明者

福田 匡広

東京都西東京市田無町六丁目1番12号

シチズン時計株式会社内

Fターム (参考)

2G059 AA02 BB12 CC16 GG10 JJ18

JJ19 JJ20 KK01

2H088 EA51 GA02 HA17 HA18 HA28

JA11 JA17 MA20

(54) 【発明の名称】 旋光度測定装置

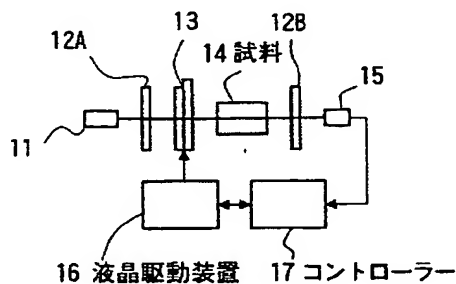
(57) 【要約】

【課題】 偏光面を回転させる方法として、偏光子を機械的に回転させたり、ファラデーローテータにより回転させる必要があり、装置が複雑になり、高価格化、大型化するという欠点がある。

【解決手段】 光源と、前記光源からの光束の偏光面を回転させる液晶素子からなる旋光素子と、試料透過後に配置した偏光子と前記偏光子を透過した光束を電気信号に変換する光電変換素子を備える旋光度測定装置であって、前記旋光素子において、旋光角度をあるオフセット量を中心に振動させることを特徴とする旋光度測定装置。

【選択図】

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、該光源からの光束の偏光面を回転させる液晶素子からなる旋光素子と、光束が試料を透過した後に透過されるように配置される偏光子と、該偏光子を透過した光束を電気信号に変換する光電変換素子とを備える旋光度測定装置であって、前記旋光素子において、旋光角度をあるオフセット量を中心に振動させる旋光度測定装置。

【請求項 2】

前記旋光素子がツイストネマチック型の液晶素子であることを特徴とする請求項 1 に記載の旋光度測定装置。

【請求項 3】

前記旋光素子がホモジニアス型液晶素子と 4 分の 1 波長板とで構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の旋光度測定装置。

【請求項 4】

前記旋光素子が強誘電性液晶素子と 4 分の 1 波長板とで構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の旋光度測定装置。

【請求項 5】

前記旋光素子がホモジニアス型液晶素子と強誘電性液晶素子と 4 分の 1 波長板とで構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の旋光度測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、試料中の旋光性物質、例えば糖類、アミノ酸、ビタミン等の濃度を非接触で測定することができる旋光度測定装置に関するものであり、被検試料として生体を含む散乱体の測定が可能であり、特に生体の血糖値を非侵襲で測定することができる高感度な旋光度測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、試料による偏光面の回転角度、すなわち旋光度は、直線偏光を試料に入射させ、試料を透過した光束を検光子へ入射させ、フォトダイオードにより光電変換し、得られた信号から求めている。偏光子の透過軸に対する検光子の透過軸の傾きを θ とし、試料による旋光度を α とすると、フォトダイオードで受光する光強度 I は、 $I = T \times I_0 \cdot \cos^2(\theta - \alpha)$ (式 1) となる。ここで、 T は試料、偏光子及び検光子の反射や吸収による減衰全てを考慮した透過率、 I_0 は入射光の強度を表す。式 1 より分かる様に、検光子の回転に伴い、回転角度 π (rad) 毎に極小点が得られる。この極小点における検光子の角度より旋光度を求める事ができる。高精度・高感度化のために、偏光面振動方式が一般的に用いられており、以下、図 5 を用いて説明する。光源 121 から出射した単色光は、偏光子駆動回路 129 により周波数 f 、角振幅 θ で振動している偏光子 122 に入射し、偏光面が回転振動する直線偏光になる。この光束を試料 125 に入射させ、検光子 123 を透過させると周波数 f の信号がフォトダイオード 15 より得られる。このとき試料 125 の旋光度により、偏光面が α だけ回転しているとすると、偏光子 122 と検光子 123 を直交配置しておけば、試料 125 が右旋光か左旋光かにより位相の反転した信号が得られる。フォトダイオード 15 より得られる信号を増幅回路 126 で増幅し、濾波・整流回路 127 で濾波・整流し、位相を求め、その位相に応じて、検光子駆動回路 128 を介して検光子 123 を正逆いずれかに回転させ、透過光量が最小となるように光学的零位法により検光子角度を決定する。平衡点における検光子角度が試料の旋光角に対応する。

【0003】

上記方式により、ノイズ成分の多い光強度出力より信号を効率良く抽出でき、散乱性試料内の旋光物質濃度を測定することもできる。

【0004】

偏光面を振動・回転させる方法として、機械的に偏光子を回転させる方法の他、ファラデ

10

20

30

40

50

ローテータも利用されている。

【0005】

ファラデーローテータは、磁界の強さとともに偏光面が回転するファラデー効果を利用する旋光素子であり、ファラデー回転角 θ_F は試料の厚さ l 、磁界の強さ H に比例し、 $\theta_F = V l H$ (式2) で表され、 V はヴェルデ定数と呼ばれる。ヴェルデ定数は、物質固有の係数であり、クラウンガラスにおいては $V = 2.4 \times 10^{-2}$ (分/m) となる。ファラデーローテータは要求される旋光角度の大きさと分解能により、心材を選択し、それにコイルを巻いた構成となり、コイルに流す電流で磁界の強さをコントロールし、旋光角度を変調する。

【0006】

10

例えば、ヴェルデ定数 1.6×10^{-2} (分/m) のフリントガラスを用いた場合、1度の旋光角度を得るために式2より、 $H = 3.6 \times 10^5$ (A/m) ($l = 10$ mm) となり、巻線数にもよるが、数Aの電流が必要となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

測定に必要な旋光子を実現するためには、偏光子を機械的に回転させたり、ファラデーローテータを用いる必要があり、装置の大型化、高価格化を招いている、また、一般に分解能を重視すると、変調範囲が狭くなり、変調範囲を重視すると、分解能が低くなるというトレードオフの関係にあり、両者を兼用できる旋光素子が無く、複数の旋光素子を組み合わせる等の工夫が必要となり、さらに大型化、高価格化するという欠点がある。

20

【0008】

【課題を解決するための手段】

前述した目的を達成するために、本発明の旋光度測定装置は、光源と、前記光源からの光束の偏光面を回転させる液晶素子からなる旋光素子と、試料透過後に配置した偏光子と前記偏光子を透過した光束を電気信号に変換する光電変換素子を備える旋光度測定装置であって、前記旋光素子において、旋光角度をあるオフセット量を中心として振動させることを特徴とする。

【0009】

また、本発明の旋光度測定装置は、前記旋光素子としてツイストネマチック型の液晶素子を用いることが好ましい。

30

【0010】

また、本発明の旋光度測定装置は、前記旋光素子としてホモジニアス型液晶素子と4分の1波長板により構成することが好ましい。

【0011】

また、本発明の旋光度測定装置は、前記旋光素子として強誘電性液晶素子と4分の1波長板により構成することが好ましい。

【0012】

また、本発明の旋光度測定装置は、前記旋光素子としてホモジニアス型液晶素子と強誘電性液晶素子と4分の1波長板により構成することが好ましい。

【0013】

40

(作用)

測定光学系の動作を、図を用いて説明する。図6は横軸に旋光角度をとり、縦軸に光出力強度をとったグラフである。光源から出射した直線偏光を旋光素子により偏光面を $\pm \theta$ だけ周波数 f で振動させる。このとき、光源からの直線偏光と直交する偏光子を透過して光電変換素子に入射する光束の強度は、光路中に配置した試料による旋光が無い場合、周波数 $2f$ の周期信号が得られる。

【0014】

また、試料による旋光角度を θ_s とすると、出力光強度は、周波数 f の周期信号にDC成分が重畳された信号が得られる。

【0015】

50

散乱性を持った試料の場合、得られる出力は、周期信号に対して、ノイズ成分がDC成分として重畳される。これをロックインアンプ等により同期検波し、信号処理することにより、信号成分のみを取り出し、グラフの極小値を高精度に求めることができる。

【0016】

- ・ 旋光素子として使う液晶素子について説明する。ツイストネマチック型液晶素子は、ディスプレイとして一般的に利用されている液晶であり、液晶分子の長軸が上下を挟むガラス間でねじれた構成になっており、ツイスト角度は、上下基板の配向方向により決まる。ディスプレイにおいては、一般的にツイスト角度は90度であるが、本発明の測定装置の場合、測定に最適なツイスト角度を選択することができる。

【0017】

液晶分子長軸に平行な直線偏光が入射すると、液晶分子の長軸に沿って偏光面が回転する。すなわち、電圧を印加していない場合、ツイスト角度分だけ旋光する。上下基板間に電圧を印加すると、液晶分子が電気力線に沿って立つようになり、旋光が解消される方向になる。従って、印加電圧により、旋光角度を制御することができる。

【0018】

次に、ホモジニアス型液晶素子と4分の1波長板を組み合わせた旋光素子について説明する。ホモジニアス型液晶は、断面方向で見たとき、液晶分子長軸が上下を挟む透明基板と平行になっており、また、ねじれ構造は持っておらず、上下基板で平行に配向されている。すなわち、液晶分子長軸と短軸の屈折率差 Δn によって、位相差板として機能する。

【0019】

ホモジニアス型液晶素子に液晶分子長軸と45度傾斜した直線偏光を入射させると、液晶分子長軸と平行な電界成分と垂直な電界成分で、位相差 $2\pi\Delta n \cdot d/\lambda$ (d :液晶層の厚さ、 λ :波長)が生じ、偏光状態が変化し、直線偏光が楕円偏光になる。このとき、楕円偏光の方位角は入射直線偏光に平行(もしくは直交)となっている。従って、入射直線偏光の偏光軸と光軸を合わせた4分の1波長板を透過させることにより、直線偏光となる。このときの偏光軸の変化が、液晶素子で受けた位相差に比例する。すなわち、液晶素子に印加する電圧により、位相変調量を制御し、ひいては旋光角度を制御することができる。

【0020】

液晶素子と4分の1波長板を組み合わせた旋光素子において、液晶素子に強誘電液晶素子を用いた場合について説明する。強誘電性液晶は自発分極を持っており、電圧印加により非常に早い応答性($\sim 1\text{MHz}$)を示す。液晶分子は、断面方向から見たとき、上下基板と平行になっている。また、平面方向から見た場合、図7の様に、2つの安定状態があり、上下基板間に印加する電圧の極性を反転することにより、上下基板と同一平面内で配向方向が角度 θ だけ変わり、図7の状態1、状態2を行き来する。

【0021】

配向角度の変化 θ (コーン角)を45度とし、初期状態で分子長軸に平行な直線偏光を入射し、電界の極性を反転する場合について考える。初期状態においては、入射する直線偏光を、偏光面と45度傾斜し、互いに直交する2つの電界成分 E_x 、 E_y に分けて考えると、初期状態においては、屈折率は等しく、偏光状態は変化しない。一方で、電界の極性を反転した状態においては、 E_x 、 E_y 成分において、液晶の Δn だけの屈折率差が生じ、 $2\pi\Delta n \cdot d/\lambda$ の位相差が生じる。従って、4分の1波長板と組み合わせることにより、旋光素子として機能する。

【0022】

特に、中間調表現のできるMFLC(Mono Ferroelectric Liquid Crystal)を用いれば、変調量の電圧制御が可能となり、非常に応答速度が早く、コントロール容易な可変旋光素子として用いることが可能である。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に関して、好適な実施形態を挙げ、図を用いて説明する。

10

20

30

40

50

【0024】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態の構成図を示している。光源11から出射した光束は、偏光子12Aにより、直線偏光になる。次に、液晶素子13に入射し、偏光面が僅かに回転する。液晶素子13は90度ツイストネマチック型液晶であり、液晶駆動装置16により駆動されている。液晶駆動信号は初期状態では、僅かな電圧が印加された状態で、旋光角は90度から僅かに減少した角度に調整されている。液晶素子13により僅かに旋光した透過光は、試料14に入射し、偏光子12Bを透過し、フォトダイオード15で光強度に応じた電気信号に変換される。

【0025】

偏光子12Aと12Bの透過軸の関係は、試料14による旋光が無いときに、透過光量が最も少なくなるように調整されている。これにより、試料14が旋光度を持つときに透過光量が増加し、これを打ち消すように液晶素子13の駆動電圧を調整し、試料の旋光度を求めることができる。

【0026】

ここで、液晶素子13に印加される駆動信号は、図2に示すように、可変のオフセット量を中心に周波数 f 、振幅 V_{pp} で振動する信号である。これにより得られる光出力は、作用の項において記載したとおり、極小値付近で $2f$ の周期信号が得られる以外は、液晶駆動信号に同期した同一周波数の信号が得られる。

【0027】

散乱性試料の場合、偏光方向が保存されていない散乱光はDC成分として出力に出るため、出力を周波数 f の液晶駆動信号で同期検波することにより、信号のみを取り出すことができる。信号出力が極小となる様に液晶駆動電圧にフィードバックをかけると、収束点において、液晶素子13と試料14による旋光度が平衡に達しており、あらかじめ、液晶素子の旋光度-電圧特性を測定しておけば、このときの駆動電圧から試料14の旋光度を求めることができる。

【0028】

また、試料14と液晶素子13に印加する駆動信号の2倍の周波数 $2f$ によりロックインアンプ等で同期検波する場合、信号出力が最大となる点において、試料14と液晶素子13の旋光度が平衡しており、周波数 f で同期検波した場合と同様に試料14の旋光度を求めることができる。

【0029】

(第2の実施形態)

図3は、第2の実施形態の構成図を示している。光源11から出射した光束は、偏光子12Aにより、図4に示すように鉛直方向から45度傾いた直線偏光になる。次に、液晶素子13A、13Bに入射し、直交する偏光成分間で位相差が生じ、楕円偏光になる。さらに、楕円偏光の方位角と光軸方向の一致した4分の1波長板21を透過し、液晶素子により加えられた位相差に比例する角度だけ旋光した直線偏光が得られる。

【0030】

ここで、液晶素子13Aは強誘電性液晶素子であり、図4に示すように2つの安定状態間で45度液晶分子が傾いている。図4の強誘電性液晶素子の上半分に示したように、液晶分子が45度傾斜している場合、入射する直線偏光の振動面と一致するため、強誘電性液晶素子を透過することによる偏光状態の変化は無い。これに対して、下半分のように液晶分子が垂直に立っている場合、液晶の Δn とセルギャップ d により、位相変調 $2\pi \Delta n \cdot d/\lambda$ を受け、一般的に楕円偏光になる。

【0031】

また、液晶素子13Bはホモジニアス型液晶であり、電圧印加により、液晶分子が立ち上がり、図の垂直方向の屈折率が変化し、液晶素子13Aの場合と同様に位相変調が可能である。これらの液晶素子による位相変調は、出射光を楕円偏光に変換し、楕円の方位角と光軸を一致させた4分の1波長板を透過することにより、再び直線偏光になり、位相変調

10

20

30

40

50

量を ϕ とすると、偏光は $\phi/2$ だけ回転する。印加電圧により位相変調量をコントロールすれば、旋光角度可変の旋光素子となる。

【0032】

測定において、旋光角は中心角 θ_c を中心に、振幅 θ_w で振動させるので、上述の2つの液晶素子で役割を分担し、液晶素子13Bで中心角度を変調し、液晶素子13Aで旋光角度を振動させる。液晶素子13Aは強誘電性液晶素子であり、応答速度が速く、数百kHzまでの高速変調が可能であり、フィードバックループの高速化、ひいては測定時間の短縮が可能となる。また、液晶素子13Bは液晶素子13Aに比較して高速性の要求は低く、変調範囲を広くとることで、旋光度の違う各種試料の測定に対応できる。このように、特性の異なる2つの液晶素子を組み合わせて使用することにより、ダイナミックレンジが広く、高速・高精度な旋光度測定装置が提供できる。

【0033】

偏光子12Aと12Bの透過軸の関係は、試料14による旋光が無いときに、透過光量が最も少なくなるように調整されている。これにより、試料14が旋光度を持つときに透過光量が増加し、これを打ち消すように液晶素子13Aの駆動電圧を調整し、試料の旋光度を求めることができる。

【0034】

散乱性の試料の場合、偏光方向が保存されていない散乱光はDC成分として出力に出るため、出力を周波数 f の液晶駆動信号で同期検波することにより、信号のみを取り出すことができる。信号出力が極小となる様に液晶駆動電圧にフィードバックをかけると、収束点においては、液晶素子13Aと試料14による旋光度が平衡に達しており、このときの駆動電圧から試料14の旋光度を求めることができる。

【0035】

また、フィードバックループを形成せずに、液晶素子13Aを駆動する周期信号と、フォトダイオード15からの出力信号から位相検波し、出力信号の位相を求め、試料の旋光度を直接計測することもできる。

【0036】

例えば、砂糖溶液を被検試料として考えると、砂糖の比旋光度は 66.5° であり、光路長を10mmとすると、低濃度の試料(0.1重量%)を想定すると、透過による旋光角度 α は $\alpha = l [\text{dm}] \times C [\text{g/dl}] \times 66.5 / 100$ (l : 光路長、 C : 濃度) より、 $\alpha = 0.1 \times 10 \times 66.5 / 100 = 0.665^\circ$ となる。

【0037】

これに対して、ホモジニアス型液晶素子の旋光角度分解能は、例えば、 $\Delta n = 0.1$ の液晶を用いて、セルギャップ $1\mu\text{m}$ の液晶素子を考えると、位相変調幅は、 $360 \cdot \Delta n \cdot d / \lambda = 46^\circ$ (λ : 波長780nm) となる。駆動電圧振幅が5Vから10Vの範囲で、位相変調量がリニアに変化すると仮定すると、駆動電圧振幅10mVの変化が、旋光角 0.09° となり、十分な分解能が得られる。

【0038】

【発明の効果】

本発明によれば、試料として透明体だけでなく、散乱体試料の様に偏光状態が保存されない試料においても、SN比を向上し、旋光度を測定することができる。また、旋光素子として、偏光子を機械的に回転させたり、ファラデーローテータを用いる必要がなく、小型・低電圧駆動の液晶素子を使うことにより、装置が簡単になり、小型化、低価格化させることができる。

【0039】

さらに、応答速度の速い強誘電性液晶素子を用いることにより、高速な測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態における旋光度測定装置の構成図である。

【図2】 本発明の実施形態において、液晶素子に印加する駆動信号を説明する図である。

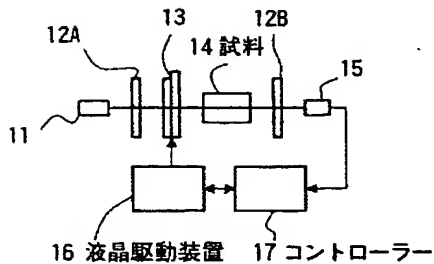
- 【図3】 本発明の第2の実施形態における旋光度測定装置の構成図である。
 【図4】 本発明の第2の実施形態において、各種光学素子の光軸を示す図である。
 【図5】 従来の旋光度測定装置の一例を示す構成図である。
 【図6】 本発明及び従来の旋光度測定装置において、出力信号波形を説明する図である。
 【図7】 本発明で用いる強誘電液晶素子について説明する図である。

【符号の説明】

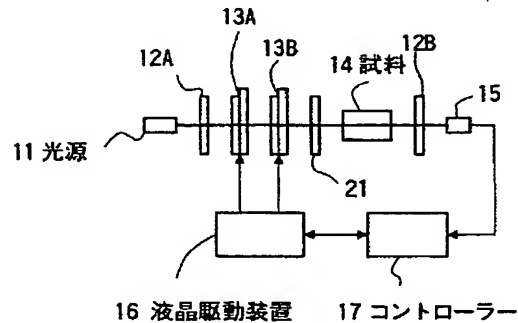
- 11 光源
 12A, 12B 偏光子
 13 液晶素子
 15 フォトダイオード

10

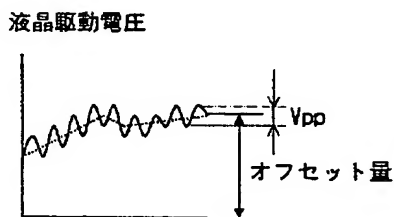
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

